

QUANTITATIVE BESTIMMUNG DER MAGENMOTILITÄT VOR UND NACH
SELEKTIV PROXIMALER VAGOTOMIE
POSTOPERATIVE VERLAUFSKONTROLLEN AM HUND

HELMUT PAUL BAUR

1979

Aus der Chirurgischen Poliklinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. F. Holle

QUANTITATIVE BESTIMMUNG DER MAGENMOTILITÄT VOR UND NACH
SELEKTIV PROXIMALER VAGOTOMIE
POSTOPERATIVE VERLAUFSKONTROLLEN AM HUND

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Helmut Paul Baur

aus

Kaufbeuren

München 1978



Mit Genehmigung des

Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. W.L. Brückner
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. F. Holle
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündl. Prüfung:	2. 10.1979
-------------------------	------------



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551927_0025

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

A) Einleitung	1
B) Problemstellung	3
C) Technik, Material und Methode	4
D) Ergebnisse	22
E) Spezieller Bildteil der Meßkurven	33
F) Diskussion	40
G) Zusammenfassung	46
H) Literaturverzeichnis	48

EINLEITUNG

Zur Messung der Peristaltik im Gastrointestinaltrakt wurde in den letzten Jahrzehnten eine Reihe verschiedenartiger Methoden entwickelt, die jedoch zu nicht vollbefriedigenden Modellvorstellungen führten. Dies hat seine Begründung im wesentlichen darin, daß die Untersuchungen, auf denen sie beruhen, mit teilweise unzureichenden mechanischen Meßverfahren durchgeführt wurden.

So bieten die Röntgenkinematographie (14,43), das Phonogramm (17,38) und die direkte visuelle Beobachtung bei eröffnetem Abdomen zwar einerseits den Vorteil der Anschaulichkeit, führen aber andererseits zu keinen quantitativen Resultaten. Dynamometrische Meßwerte dagegen liefern in vitro-Präparationen von verschiedenen Magenabschnitten unter Ausnutzung der Autorhythmie der Peristaltik, wobei der intraluminäre und der äußere Flüssigkeitsdruck simuliert werden können (9,19). Das physiologische Bild der Peristaltik ist dabei sicher stark verändert, ein Nachteil, dem der exventerierte Magen ebenso unterliegt.

Die Magenbewegungen werden auch mit Hilfe verschiedenartiger Ballonsonden (22), durch Messung des Balloninnendrucks, registriert. Die Ergebnisse dieser Methode wechseln jedoch mit den Eigenschaften der verwendeten Ballone (22,30).

Das Gastromyogramm (30) erforscht die Magenmotilität ebenfalls indirekt, da nur Aktionspotentiale der Magenmuskulatur abgeleitet werden.

Offene Katheter oder verschluckbare Radiotelemetriesender verändern die Kontraktionskraft nicht, ihre Registrierungen sind aber weder mit den Ergebnissen der EMG-Untersuchungen, noch mit simultanen Röntgenbeobachtungen in Einklang zu bringen.

Die für unseren Versuch gewählte Methode soll eine fortlaufende Registrierung der peristaltischen Kräfte an bestimmten Magenabschnitten bei ungestörter Verdauungstätigkeit gestatten.

Dazu ist es notwendig, die Messung

- unter chronischen Bedingungen
- am Magen in situ bei geschlossenem Abdomen
- bei unberührtem Mageninneren und
- unter Erhaltung der Kontinuität der Magenwand mit Nerven- und Gefäßversorgung durchzuführen (39).

Aus den genannten Gründen fiel bei den Versuchen zur chronischen, quantitativen Messung der physiologischen Magenmotilität, als auch der Messung der Motilitätsveränderung nach einer selektiv proximalen Vagotomie (SPV), die Entscheidung für die Benutzung von Dehnungsmeßstreifen (DMS).

DMS, die auf vielen technischen Gebieten ihre Anwendung finden, werden auch in der medizinischen Forschung eingesetzt. Neben Messungen von Muskelkontraktionen, untersuchte man damit in der Kardiologie Kontraktionen des Myokards.

Anwendungen im Bereich des GI-Trakts sind seltener.

Andersson u. Mitarb. führten damit chronische Messungen am Hundemagen nach Gabe von Testmahlzeiten bzw. Infusionen von ACTH oder 5-HTP durch (4). Spezielle Klammer-DMS wurden in einer Arbeit über die Kontraktionskraft und -frequenz verschiedener Darmabschnitte nach Gabe von Neostigmin, Atropin oder Cholezystokinin verwendet (39).

Ferner diente das Verfahren der Untersuchung der postoperativen Darmparese (40).

Problemstellung

Störungen als Folge der selektiven Dissektion der Nn. vagi betreffen meist die Motilität des proximalen GI-Trakts; besonders Magen und Duodenum unterliegen in wechselndem Umfang Passage- und Entleerungsverzögerungen. Da der N.vagus neben sekretorischen auch motorische Impulse vermittelt, bedeutet Vagotomie, neben dem erwünschten Effekt der Säurereduktion, auch immer Verlust an Motilität. Bereits klinische Beobachtungen an Fundektomien haben die wichtige Rolle der Antruminnervation für die aktive Magenmotorik und -entleerung gezeigt. Elektrophysiologische Untersuchungen mit Stimulation der peripheren Stümpfe der vorher durchtrennten Antrumnnerven haben dies bestätigt (29).

HOLLE konnte zeigen, daß die Antrummotilität umso geringer wurde, je mehr von proximal nach distal vagotomiert wurde. Bei einer hinsichtlich der Sekretion kompletten SPV werden aber im Bereich der kaudalen Grenzäste am Angulus immer auch Fasern durchtrennt, die zu einem partiellen Verlust an Antrummotilität führen (27). Dies bringt, wie röntgenkinematographisch belegt worden ist, eine gestörte Durchmischung und eine Retention von Festspeisen im Magen mit sich (32). Eine antrale Stase beinhaltet aber durch die Anregung des Gastrin-Mechanismus die Gefahr der Bildung von Rezidivulcera. Bisher fehlen in der bestehenden Diskussion "SPV mit oder ohne Pyloroplastik" exakte quantitative Meßdaten über das Ausmaß der Änderung der Magenperistaltik. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich aus diesem Grunde mit der Frage, welchen Einfluß die selektive Denervierung auf die Kontraktionskraft ausübt; bei den Untersuchungen wird dabei besonderer Wert darauf gelegt, daß die Meßwerte im chronischen Versuch und unter weitgehend physiologischen Bedingungen gewonnen werden.

Technik, Material und Methode

A) Registriertechnik

Als Meßelemente kommen DMS zur Anwendung. Sie bieten den Vorteil einer ausgereiften Anwendungstechnik und sind zudem platzsparend.

Auf die Physik der DMS wird nur insoweit eingegangen, als dies zum Verständnis der Sonden notwendig erscheint.

DMS sind ein äußerst vielseitiges Hilfsmittel der elektromechanischen Meßtechnik. Sie dienen hauptsächlich zum Messen von mechanischen Längenänderungen und Verformungen, bzw. Kräften und Belastungen. Ein DMS setzt Oberflächendehnungen in elektrische Meßwerte um; dies ist grundsätzlich damit zu erklären, daß sich bei mechanischer Belastung der Ohm'sche Widerstand eines metallischen elektrischen Leiters ändert.

DMS bestehen im wesentlichen aus einem mäanderförmig geführten Draht, der in einen isolierenden Kunststoffstreifen gelegt ist. Im vorliegenden Versuch kamen allerdings Halbleiter-DMS mit einem Gage-Factor von $130 \pm 5 \%$ und einem Widerstand von $350 \pm 2 \%$ zur Anwendung. Si-Kristalle lassen sich so züchten, daß sie bei Druck und Zug ihre Leitfähigkeit, also ihren Widerstandswert ändern. Man schneidet aus diesen Kristallen feine Stäbchen und klebt sie auf Epoxydharzplättchen. Trotz ihrer Empfindlichkeit lassen sie sich dann stark biegen, ohne zu brechen. Halbleiter-DMS sind etwa 60 mal empfindlicher als DMS aus Metall. Das bedeutet, daß eine Dehnung von $1 \text{ }^{\circ}/_{\text{oo}}$ eine Widerstandsänderung von 130 oder 13 % bewirkt. Die Halbleiter-DMS lassen sich ferner höher belasten. Man kann also größere elektrische Spannungen anlegen und erhält somit auch größere Ausgangsspannungen.



Abb.1 DMS auf Epoxydharzplättchen - Demonstration der Biegsamkeit eines Halbleiter-DMS.

DMS sollen nur innerhalb der Elastizitätsgrenze des Widerstandsmaterials betrieben werden. Sie dürfen also nicht überdehnt werden. Der Widerstandswert eines DMS ändert sich innerhalb der Elastizitätsgrenze proportional zur Längenänderung bzw. Dehnung oder Stauchung. Diesen Proportionalitätsfaktor nennt man k .

$$k = \frac{\text{relative Widerstandsänderung}}{\text{relative Längenänderung}}$$

Die relative Längenänderung oder den Dehnungswert eines Drahtes bezeichnet man mit ϵ und gibt diesen Wert in μm je Meter an.

Die relative Widerstandsänderung ist $\frac{\Delta R}{R} \Rightarrow k = \frac{\Delta R}{R_0} \cdot \frac{1}{\epsilon}$

Unsere Halbleiter-DMS haben einen Nennwert von 350Ω ; der k -Faktor des verwendeten Widerstandsmaterials beträgt 130.

Die auftretenden Widerstandsänderungen werden mit einer Trägerfrequenzmeßbrücke (Philipps PR 9 300) erfasst, die nach dem Prinzip des Wheatstone'schen Widerstandsvergleich arbeitet.

Die Magenwand ist als Dehnungsgrundlage für DMS nicht geeignet. In ihr wirken mehrere Kräfte in verschiedenen Richtungen, die der DMS nicht differenziert; ein Bruch des DMS kann die Folge sein. Es treten unphysiologische Scherkräfte in der Ebene der Magenwand auf, da der Streifen den Wandteil auf Grund seiner geringen Dehnbarkeit unter sich nahezu fixiert. Deshalb müssen Vorrichtungen konstruiert werden, welche die zu messende Größe, d.h. die bei der peristaltischen Einschnürung des Magens entstehende Wandspannung, in Oberflächendehnungen einer Richtung eines geeigneten Materials umsetzen. Die Dehnungen müssen im Meßbereich eines DMS liegen. Die Wandspannung muß in einem Gebiet bleibender Größe aufgenommen werden, damit die auf den Aufnehmer ausgeübte Kraft in konstantem Verhältnis zur Spannung (= Kraft pro Wandquerschnitt) steht. Die Vorrichtung soll gewebeverträglich sein und darf die Funktion des Organs nicht unterbrechen (39).

Die oben beschriebenen Halbleiter-DMS⁺ werden deshalb auf Träger-Platinen (Abmessungen: 19 mm lang, 7 mm breit, 0,45 mm dick) aus Dur-Aluminium aufgeklebt. Eine spezielle Zugentlastung der hochflexiblen zuleitenden PVC-Kabel, die durch eine gesonderte Befestigung der Kabel an den Träger-Platinen erreicht wird, verhindert eine unerwünschte Zugbelastung des eigentlichen DMS. An den vier Ecken jeder Träger-Platine sind je 2 Löcher ausgestanzt, durch die das Aufnähen des Meßelements auf den Magen ermöglicht wird. Die Sonden sind mit Silikonkautschuk überzogen. Jedes zuleitende Meßkabel hat entsprechend den anatomischen Größenverhältnissen der verwendeten Versuchshunde eine Länge von ca. 30 cm.

⁺ Fa. Weishaar - Elektronik, München

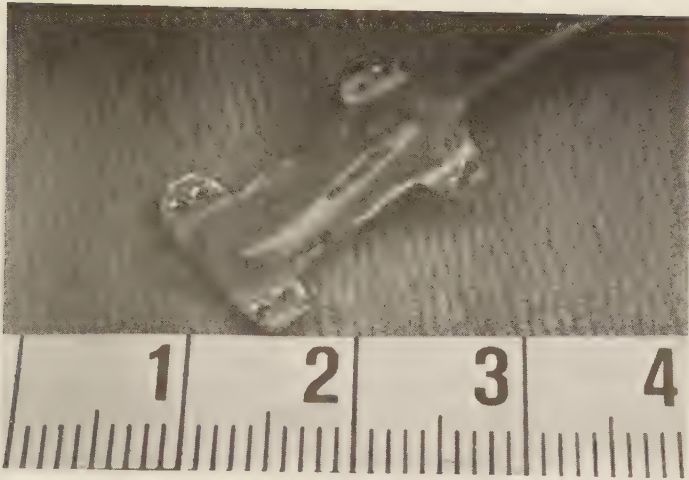


Abb.2 Sonde, silikonisiert mit zuleitenden PVC-Kabeln; die 8 Befestigungslöcher sind erkennbar

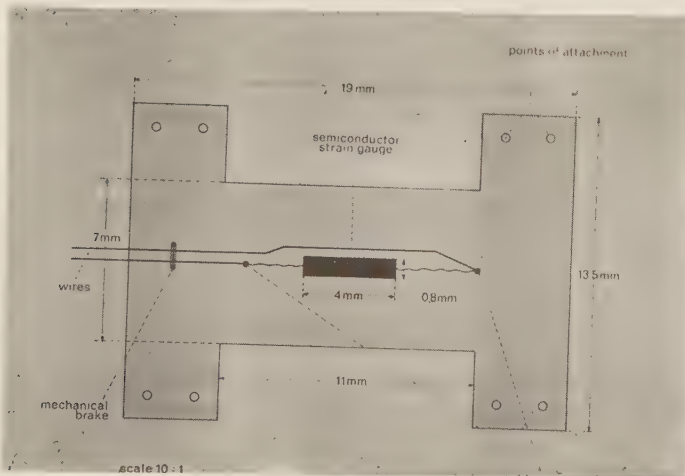


Abb.3 Bauplan der Sonde

Für die Herausführung der drei Meßkabel aus dem Bauchraum verwenden wir ein extra angefertigtes Steckersystem, das an der Innenseite, d. h. der nach der Implantation intraperitoneal gelegene Seite, mit einer Plexiglasscheibe (ϕ 5 cm, 0,5 cm dick) versehen ist. 0,5 cm vom Rand der Scheibe werden fünf Löcher (ϕ 2 mm) gestanzt, die ein Annähen der Scheibe an der Innenseite der Bauchwand ermöglichen. Auf diese Weise wird durch Manipulation von außen eine Verlagerung der Kabel im Bauchraum, eine sich ergebende Zugbelastung und damit auch die Gefahr einer Schädigung und Lösung der aufgenähten Sonden verhindert.

Ein hohles Chrom-Nickelstahlgewinde (ϕ 1 cm, 40 mm lang) ist mit einem Ende fest in ein zentral gestanztes Loch in der Plexiglasscheibe eingeschmolzen. Das Gewinde trägt am anderen Ende, d. h. dem nach der Implantation extra-mural gelegenen Teil, den Stecker, und bietet genügend Platz, um die ausgeleiteten Kabel mit Gießharz befestigen zu können. Bei einer durchschnittlichen Dicke der Bauchwand von ca. 2 cm ragen somit noch 2 cm Gewindeanteil nach außen. Auf diesen Teil wird, um ein eventuelles Zurückgleiten des Steckersystems in die Bauchhöhle zu verhindern, eine zweite Plexiglasscheibe aufgeschraubt (s. Abb. 11).

Der verwendete Stecker ist 8-polig, ein aufsteckbares Kupplungsstück (s. Abb. 11) stellt die gewünschte Verbindung während der Versuche zur Meßbrücke her.

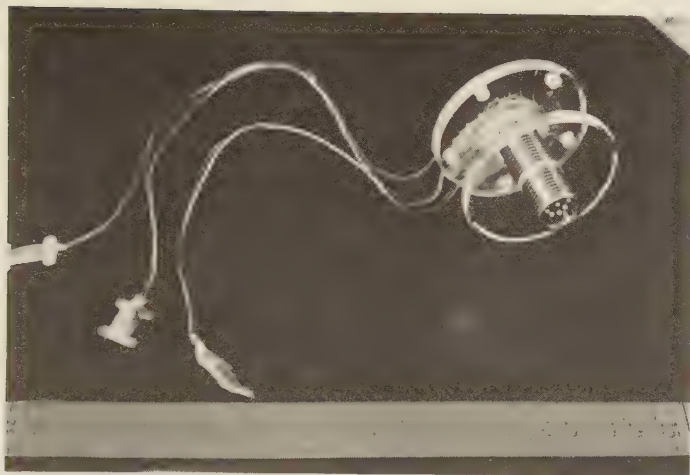


Abb.4 Die Sonden mit silikonisierten Kabeln und Steckersystem

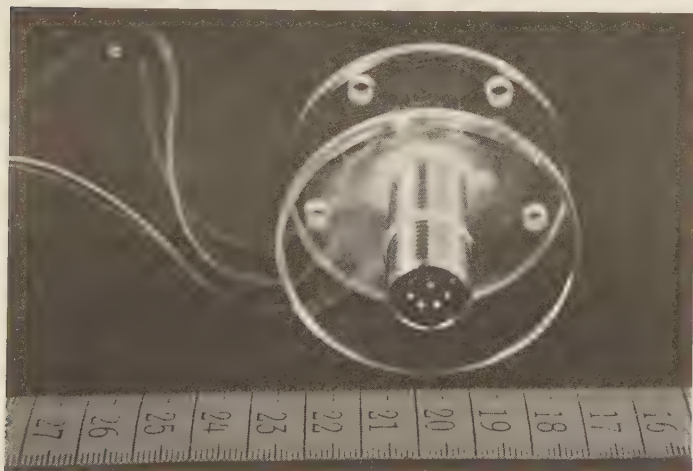


Abb.5 Steckersystem mit den beiden Plexiglasscheiben
Die Befestigungslöcher der Innenplatte sind zu erkennen

EICHUNG

Für jede Sonde wird mit einem brauchbaren Eichsystem ein Eichdiagramm aufgestellt. Die Sonden werden dabei in geeigneter Weise belastet (Ordinate des Diagramms). Die jeweilige Dehnungsanzeige der Meßbrücke (Abszisse des Diagramms) wird festgehalten. Das Eichdiagramm zeigt die direkte Proportionalität von Sondenbelastung und Meßwert, was theoretisch das Hooke'sche Gesetz für kleine Deformationen (Deformation proportional deformierender Kraft; bei isometrischer Messung geltend) und die DMS-Gleichungen aussagen (39).

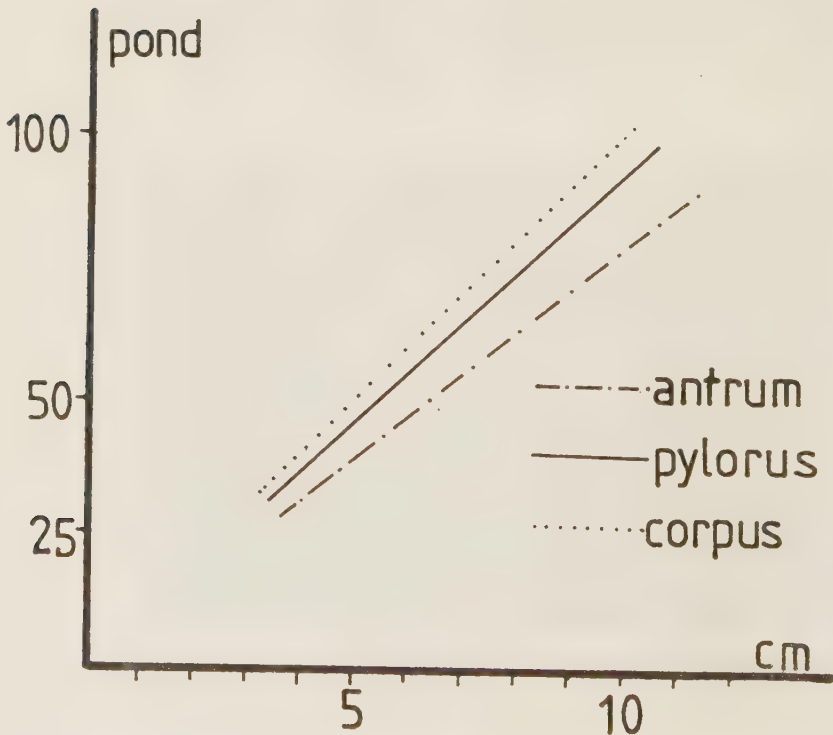


Abb.6 Eichkurven der implantierten Sonden
Das Diagramm zeigt die Dehnungsanzeige jeder Sonde (Abszisse) bei bestimmten Belastungen (Ordinate)

B) Material und Methode

Zehn nach Alter, Größe und Gewicht (ca. 25 kg) vergleichbare Schäferhunde (♂, ♀) wurden zum Experiment ausgewählt und nach einer Vorbereitungszeit in der Isolierung (mit Impfung⁺ und Desinfektion) zu zwei getrennten Versuchsserien herangezogen.

- a) sechs Hunde wurden der alleinigen Implantation der DMS unterzogen
- b) bei vier Hunden wurde zur Implantation zusätzlich eine SPV vorgenommen.

Die zu den Meßreihen herangeführten Hunde überstanden die Operationen komplikationslos. Sie befanden sich während der Versuchszeit in gutem Allgemein- und Ernährungszustand. Alle Tiere wurden in getrennten beheizbaren Käfigen im gleichen Stall gehalten; die Fütterung erfolgte täglich zwischen 18 und 20 Uhr, wobei die Aufnahme von Wasser während des ganzen Tages möglich war.

Operationsschilderung

Die Tiere werden mit Combilen in üblicher Dosierung prämediziert. Die eigentliche Narkose erfolgt durch eine i.m.-Injektion von Combilen (0,02/ml/kg) und Polamivet⁺⁺ (0,1 ml/kg). Intraoperativ wird die Narkose mit einer i.v.-Dauerinfusion (500 ml 5%ige Lävulose-Lösung + 9,0 ml Polamivet + 1 ml Combilen) aufrecht erhalten. Eine Intubation mit Inhalationsnarkotika erübrigt sich folglich.

Die Implantation der Sonden erfolgt durch eine mediane Laparatomie (Sterilisation der Sonden mit Äthylenoxid). Die drei Sonden werden sowohl bei den Operationen mit als auch ohne SPV im Bereich der großen Kurvatur auf drei definierten, für die Magenperistaltik repräsentativen Arealen, im rechten Winkel zur Magenfaserhauptverlaufsrichtung aufgenäht.

Definierte Magenteile: Pylorus, Antrum, Corpus

⁺Staupe - Hepatitis - Leptospirose i.m. (SHL-Serum, Behringwerke

⁺⁺Hoechst-AG. Frankfurt

Besonderes Augenmerk wird auf die Schonung der Vagusäste gelegt. Ebenfalls werden makroskopisch erkennbare Blutgefäße durch die Nähte nicht unterbunden. Die Sonden werden mit atraumatischen Nähten (Seide 3-0) am Magen befestigt. Für jedes der acht Befestigungslöcher (s. Abb.2) wird eine Naht durch Serosa - Muscularis - Serosa der Magenwand gezogen, und dann, den Silikonkautschuk der Sonde durchstechend, durch das Loch geführt.

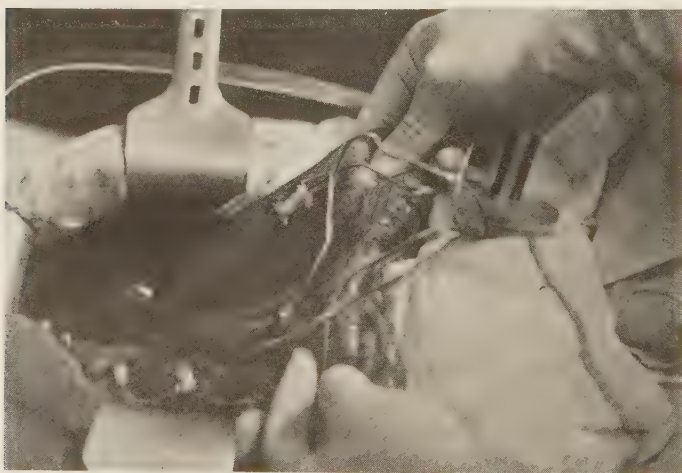


Abb.7 Intraoperative Situation mit aufgenähten Sonden

Die Sonde, die auf dem Pylorus zu liegen kommt, ist entsprechend dem Radius der verstärkten Ringmuskulatur des Magenausgangs vorgebogen und erhält dabei die Form einer Klammer mit großem Durchmesser. Die Klammer sitzt dem Pylorus wie ein Sattel auf. Beim Durchlauf peristaltischer Schnürwellen erhöht sich die Wandspannung und zieht dabei die Schaufeln der Klammer auseinander, wobei sich die gemessene Kraft aus der zirkulären Wandspannung der überdeckten Strecke von etwa 19 mm ergibt. Die Sonden für A und C sind plan und werden von durchlaufenden Schnürwellen der Länge nach gebogen.

Die Sonden messen lediglich radiäre Komponenten der Magenkontraktionen; die Aktivität des Stratum circulare der Tunica muscularis wird also direkt, die des Stratum longitudinale nur mittelbar, erfasst. Der Anteil der Muscularis mucosae an den Sondendeformationen dürfte gering sein (39).

Das Steckersystem (s. Abb. 5) wird an der Flanke durch eine Stichinzision ausgeleitet, wobei die Innenplatte durch die dafür eigens gestanzten Löcher tief mit der Bauchwand vernäht wird; eine Zugbelastung der Sonden durch Manipulation am System von außen wird damit verhindert.

Nach sorgfältigem, schichtweisen Verschluss der Bauchdecke wird das Tier in den vorgewärmten Stall gelegt und drei Tage parenteral ernährt.

Bei der zweiten Gruppe der Hunde wird zusätzlich zur Implantation eine SPV nach der von HOLLE empfohlenen standardisierten Technik durchgeführt.

MESSUNGEN

Die Meßanlage (s.Abb.8,9) besteht aus einer direkt anzeigenden DMS-Meßbrücke (Philipps PR 9 300) und einem Direktschreiber (omniscrite-recorder, Tm-Houston Instrument).

Ein speziell angefertigtes Kupplungsstück (s.Abb.11) stellt die Verbindung vom Steckersystem zu einer Kontaktleiste her, die ihrerseits mit der Meßbrücke verbunden ist.

Die Verstärkung des Direktschreibers wird auf einen Ausschlag von 0,1 V für die gesamte Papierbreite von 24,8 cm eingestellt. Nach dem Anschluß der Sondenkabel wird an der Meßbrücke der gewünschte Empfindlichkeitsbereich gewählt und die Wheatstone-Schaltung abgeglichen. Im Hinblick auf die spätere Auswertung der Ergebnisse muß erwähnt werden, daß die Empfindlichkeitsstufen weder während der einzelnen Messungen, noch innerhalb der Versuchsreihen geändert wurden.

Bei unseren Messungen erwies sich eine konstante Laufgeschwindigkeit von 5 cm/min bei 0,1 V Empfindlichkeit als der Meßbereich, der Frequenz- und Amplitudenauswertungen gut ermöglichte.

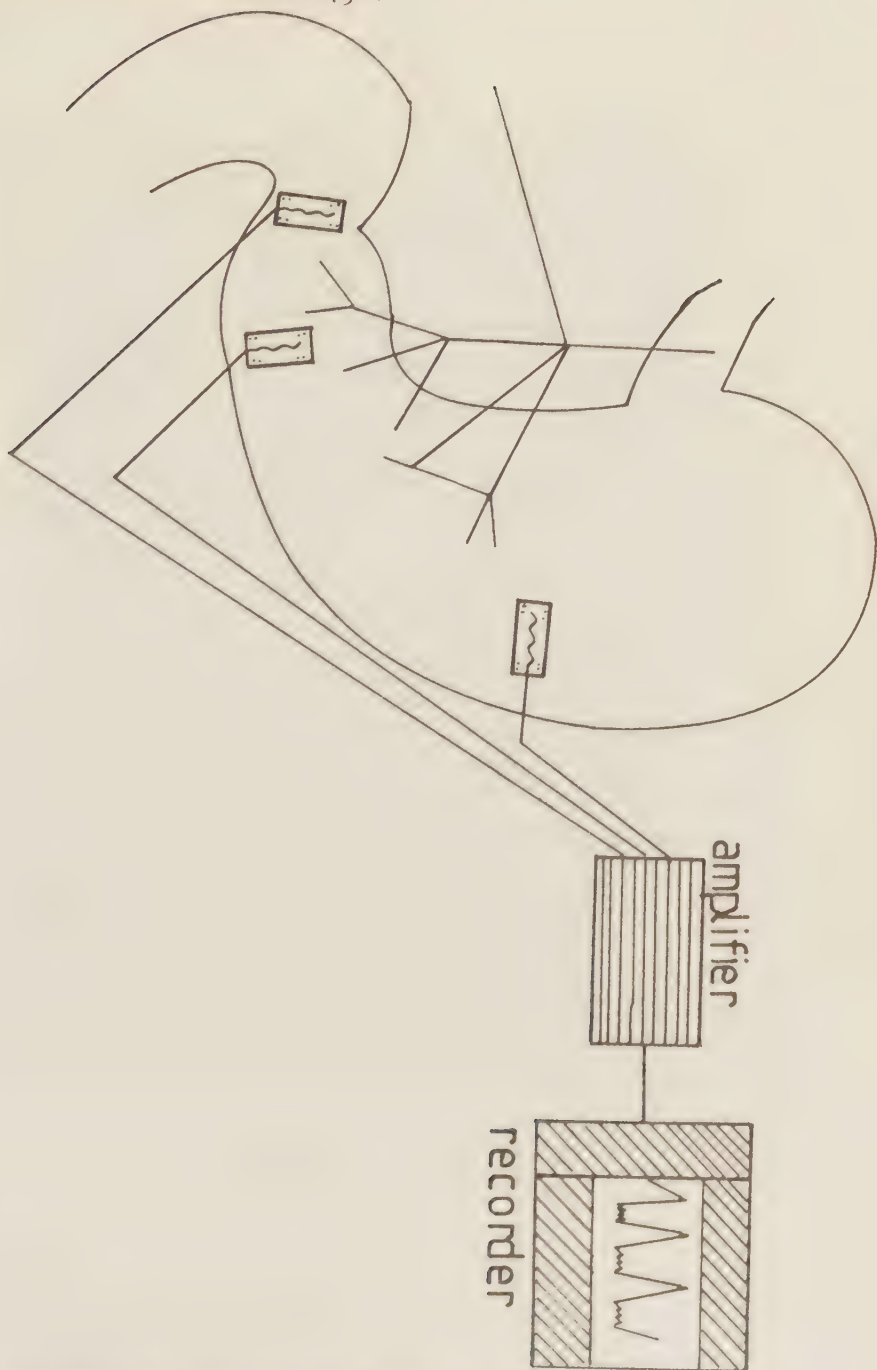


Abb. 8 Schematische Darstellung der Meß-Situation

Mit sämtlichen Tieren wurden vor Beginn der eigentlichen Versuchsreihen Tests zur Gewöhnung an die Untersuchungssituation durchgeführt, die nicht in die Wertung kamen. Es mußte darauf geachtet werden, daß auch im Untersuchungsraum eine konstante Temperatur von ca. 20°C gehalten wurde, da sich zeigte, daß bei niedrigen Temperaturen (die Versuche fanden überwiegend in der kalten Jahreszeit statt) die Magenperistaltik sowohl vor als auch nach Nahrungsaufnahme erhebliche Abweichungen in Frequenz und Amplitude von der bei angenehmer Temperatur zeigte (s.a. Diskussion Abb.24).

Die Hunde waren während des Versuchs nur leicht fixiert und in bequemer Stellung in einem Pawlow-Stall untergebracht; die Versuchssituation sollte keinen Streß darstellen. Jeder Versuch bestand bei beiden Gruppen aus zwei Phasen. Es wurde zunächst die Peristaltik des nüchternen Magens gemessen, wobei stets in der Reihenfolge P - A - C die für die Magenfunktion repräsentativen Punkte abgerufen wurden. Die Peristaltik wurde an jedem Punkt, teilweise für die Dauer von einer Stunde, mindestens aber für fünfzehn Minuten aufgezeichnet. Danach erfolgte die Fütterung des Hundes mit fester Fleischnahrung, die erst nach vollkommener Sättigung beendet wurde. Jetzt wurde dieselbe Meßpunktfolgenfolge wie vor der Nahrungsaufnahme wieder aufgenommen.

Ein vollständiger Versuch erstreckte sich durchschnittlich auf die Dauer von einer Stunde vor der Nahrungsaufnahme und zwei Stunden nach der Nahrungsaufnahme und wurde damit beendet; daß zu diesem Zeitpunkt noch einmal alle Punkte für ca. zehn Minuten registriert wurden.



Abb.9 Versuchsanlage während einer Messung;
links oben die Meßbrücke,
rechts der Direktschreiber



Abb.10 Hund in leichter Fixierung im Pawlowstall



Abb.11
Ausleitungsstelle an der
Flanke mit Plexiglas-
scheibe und aufgesteck-
tem Kupplungsstück

Von den zehn in die Auswertung gekommenen Hunden überlebten sechs den 22. Tag p.op. in zufriedenstellendem Zustand. Ein Hund konnte über fünf Wochen bei gutem Allgemein- und Ernährungszustand am Leben erhalten werden.

Zwei Hunde mußten wegen frühzeitigen Funktionsausfalls der implantierten Sonden bereits am 12. bzw. 14. Tag p.op. getötet werden.

Ein Hund zerstörte am 6. Tag p.op. selbst das Steckersystem an der Flanke. Neun der zehn Hunde erreichten eine normale Verdauungstätigkeit.

Bei den Hunden ergaben regelmäßige Gewichtskontrollen eine Konstanz im Bereich von $\pm 10\%$.

Röntgenkontrollen am 9. und 15. Tag p.op. zeigten keine Spiegelbildung.

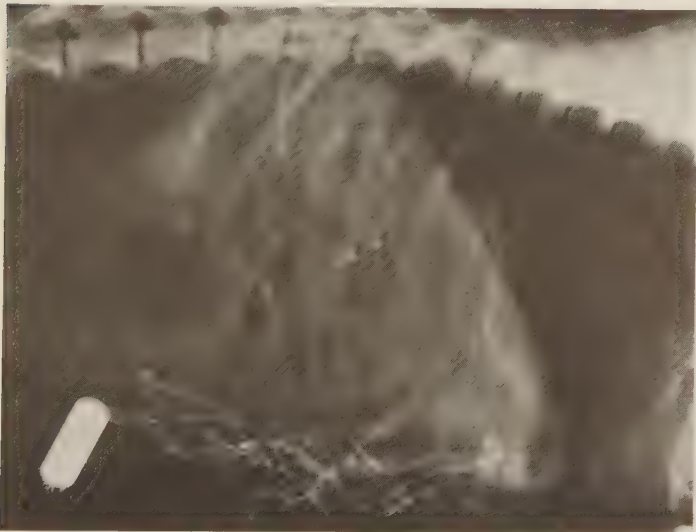


Abb.12 Röntgenübersicht lateral, Hund auf der Seite liegend. Die Klammer (Pylorus), die Balken (Corpus und Antrum) und das Steckersystem sind erkennbar.



Abb.13 Doppelkontrast mit liegender Magensonde,
a.-p.-Aufnahme

Zwischen der 3. und 4. Woche p.op. kamen sechs Hunde, trotz sorgfältiger Pflege und antibiotischer Abdeckung, ad exitum. Alle Hunde wurden obduziert.

Am geöffneten Bauchsitus sind die Sonden und die zuleitenden Kabel zunächst nicht sichtbar. Bei vorsichtiger Präparation zeigt sich folgendes Bild:

Jede Trägerplatte liegt vollkommen fest eingehüllt in einer Tasche aus derbem, ca. 3 mm starken, fibrösen Bindegewebe und zeigt sich fest verwachsen mit der Oberfläche des Magens. Eine zu den Nähten zusätzliche Fixierung der DMS ist damit gewährleistet. Mucosa und Muscularis bleiben unbeschädigt durch den Auflagebereich der Sonden, was sich sowohl makroskopisch als auch histologisch bestätigen ließ. Die zuleitenden Kabel selbst sind ebenfalls in Schläuche aus fibrösem Gewebe gehüllt.

Anzeichen für eine stattgefundene Strangulation durch die Kabel waren bei keiner Sektion festzustellen; ebenso kam es zu keinen sichtbaren Zeichen von Gewebeunverträglichkeitsreaktionen.

Das implantierte Meßsystem zeigte sich vollkommen in den Organismus integriert; eine Beeinträchtigung der Funktion der Bauchorgane, speziell des Magens durch die Sonden, ließ sich in keinem Fall aus dem Sektionsbefund ableiten. Als Todesursache mußte ein paralytischer Ileus bei einer diffusen Peritonitis angenommen werden. Die Infektion des Bauchraums nahm ihren Ausgang wahrscheinlich an der einen kompletten Peritonealverschluß verhindernden Steckerausleitungsstelle.

Der Hund mit der fünf-wöchigen Überlebenszeit verstarb am gleichen Krankheitsbild.

ERGEBNISSE

Aus den Meßkurven (die gezeigten Kurven auf den Abb. 15- 21 sind repräsentativ für den 22. Tag p.o.p.; s.a. Diskussion S. 45) ist schon bei rein visueller Beurteilung zu erkennen, daß sich bei der eingangs beschriebenen Methode die Magenperistaltik als eine Kurve abbildet, die in sich eine große Regelmäßigkeit aufweist.

Zur quantitativen Auswertung werden zwei Meßgrößen herangezogen (39):

- a) Die Frequenz - der Magenkontraktionen an einer Stelle
- b) Die Amplitude - der Kraft der Schnürwellen des Magens

Zur Frequenzanalyse wird für jede Meßminute die Zahl der Kurvenmaxima oder -minima bestimmt.

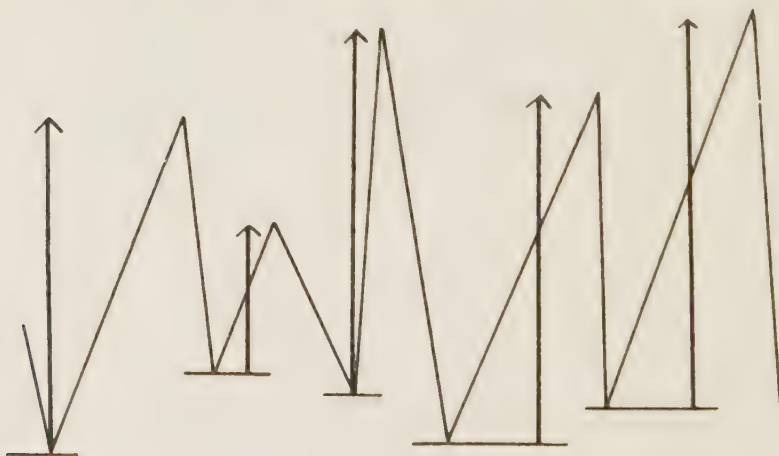


Abb. 14 Die einzelnen Wellen können zur Ermittlung der Kontraktionsfrequenzen ausgezählt werden; zur Analyse der Kontraktionskräfte werden die Amplituden ausgemessen. Die Länge der Pfeile entspricht den k-Werten.

Zur Bestimmung der Kontraktionskraft des Magens in einer Schnürröhre - und der Änderung der Kraft nach SPV - wird ein Wert k (pond) eingeführt. Dieser Wert ist definiert als die Differenz der Kräfte, die während des Durchgangs einer Schnürröhre bei maximaler Dilatation (Kurvenmaximum) und maximaler Kontraktion (Kurvenminimum) auf die Sonde ausgeübt werden. Diese Definition bezieht sich auf die Klammer bei P; beim Balken müssen Dilatation durch Konkavbiegung und Kontraktion durch Konvexbiegung (von oben gesehen) ersetzt werden (39).

Eine Messung der absoluten, auf die Sonde ausgeübten Kraft sagt wenig aus, da ihr wegen der Beeinflussung durch die Nachbarorgane keine physiologisch interessante Größe zugrunde liegt. Die Kräftedifferenzmessung ohne Kenntnis der absoluten, auf die Sonde wirkenden Kraft, ist technisch zulässig, da die Meßwerte in linearer Beziehung zu den Kräften stehen (s. Kap. Registriertechnik), solange diese im linearen Dehnungsbereich des DMS liegen. Das zu bestimmen reicht die Konstanz der Meßbrücke, wie die Eichsituation gezeigt hat, in einem genügend großen Toleranzbereich aus. Somit kann sicher angenommen werden, daß auch bei Vorbelastung der Sonde noch im linearen Dehnungsbereich gemessen wird.

Der Wert k wird ermittelt, indem für jeden Meßpunkt und jede Meßbedingung (d. h.: vor Nahrungsaufnahme, nach Nahrungsaufnahme, vor SPV, nach SPV) für einen definierten Zeiteabschnitt von 15 Minuten die Kurvenextrema entlang der Ordinate (senkrecht zur Zeitachse) bestimmt werden. Die Meßwerte (in cm) werden gemittelt; auf der Eichkurve wird die zu dem jeweiligen Dehnungswert (cm, Abszisse) gehörende Belastung (pond, Ordinate) abgelesen.

Die Beschreibung der Magenperistaltik und ihre quantitative Veränderung nach SPV

Die mit dem beschriebenen Verfahren erzielten Resultate zeichnen sich aus durch die mechanische Registrierung der Kontraktionen des Stratum circulare der Tunica muscularis des normal arbeitenden Magens. "Normal" bedeutet hierbei, daß das verwendete Meßsystem zu keiner Beeinträchtigung der Magentätigkeit führt (s.a. Diskussion).

Bewegungsmuster am Magen und Frequenzcharakteristik

Die mit den Sonden gewonnenen Kurven von Pylorus, Antrum und Corpus weisen streng periodische Registrierungen der Magenkontraktionen auf. Die Amplituden der rhythmischen Bewegungen sind dabei über viele Wellen hinweg untereinander gleich. Derartige Registrierungen sind nur als Wiedergabe von Schnürwellen zu deuten, die mit konstanter Ausprägung über den Magen laufen. Die Ähnlichkeit der Aufzeichnungen mit Sinusfunktionen erlaubt eine Auszählung der Kontraktionsfrequenzen des Magens an den Implantationsorten (39). Die Frequenzen entsprechen der Häufigkeit des Durchlaufs von Schnürwellen unter der Sonde. Für die einzelnen Magenabschnitte ergeben sich dabei für die jeweilige Versuchsbedingung (vor Na., nach Na., vor SPV, nach SPV) unveränderliche typische Kontraktionsfrequenzen und Kontraktionsamplituden; es besteht dabei eine lineare Abhängigkeit zwischen der gemessenen Höhe der Amplitude und der davon ableitbaren Kraft. In ebenso typischer Weise läßt sich eine konstante Beziehung aufstellen zwischen der Anordnung der Kontraktionsamplituden auf der Zeitachse (typische Gruppierungen, s. Abb.15-20) und der jeweiligen Meßbedingungen an einem bestimmten Meßpunkt.

An den nicht-vagotomierten Hunden ließ sich bei Messung im nüchternen Zustand eine konstante Frequenz der Schnürwellendurchgänge sowohl bei A als auch bei P von 3/min bestimmen. Aus der alleinigen Frequenzangabe könnte man schließen, daß die einzelnen Amplituden in zu einander gleichen zeitlichen Abständen stünden; d. h., daß im Fall von P oder A alle zwanzig Sekunden mit einem Ausschlag zu rechnen wäre.

Aus Abb.15, 18 (linke Bildhälften) ist jedoch zu ersehen, daß die Amplituden zu, in der Regel, 5-er oder 3-er Gruppen zusammengelagert sind. Eine typische Gruppe dieser Art ist gekennzeichnet dadurch, daß

- a) zwischen den Amplituden keine zeitlichen Verzögerungen auftreten und
- b) die Kontraktion mit der höchsten Amplitude in der Mitte steht und auf jeder Seite flankiert ist von Amplituden geringerer Höhe. Es folgt einer derartigen Gruppe, für die Dauer von ungefähr einer Minute, eine Phase der Ruhe, in der keine Kontraktion nachweisbar ist.

Am nüchternen Magen des nicht-vagotomierten Hundes (s. Abb.15, links) konnten die höchsten Amplituden und somit auch die höchsten k-Werte registriert werden. Der Pylorus zeigte dabei Spitzenwerte bis zu 30,7 cm, was einer Kraftentwicklung von $k = 265$ pond entspricht; es ergab sich für die ausgewertete Meßzeit ein Mittelwert von $k = 124$ p.

Am Antrum wurden diese Werte nicht ganz erreicht (s. Abb.18, links); es kam lediglich zu Maximalwerten von $k = 182$ p, einem Minimalwert von $k = 19$ p und einem Mittelwert von $k = 111$ p. Vor Nahrungsaufnahme sind also, wie auch aus Abb.15, 18 ersichtlich, zwischen A und P keine Unterschiede hinsichtlich der Frequenz und der Gruppenbildung der Schnürwellen zu bestimmen. Es errechnet sich für die mittlere Kraftentfaltung bei P ein Wert, der um 10,4 % höher liegt, als bei A.

Am Corpus zeigt sich ein wellenförmiger Verlauf der Schnürwellen mit einer Amplitude von ca. 0,5 cm ($k = 4$ p);

in unregelmäßigen Abständen ist eine Ruheperiode mit einer Dauer von wenigen Minuten zu registrieren (s. Abb. 21). Sofort nach Nahrungsaufnahme zeichnet der Magen des nicht-vagotomierten Hundes ein optisch und statistisch stark verändertes Bild in Frequenz, Amplitude und zeitlicher Aufeinanderfolge der Ausschläge. Sowohl bei A als auch bei P ist eine deutliche Erhöhung der Frequenz auf ca. 5/min zu registrieren (3/min vor Nahrungsaufnahme); dies ist der höchste Frequenzwert überhaupt, der in beiden Versuchsreihen (vor und nach SPV) bestimmt werden konnte.

Die oben beschriebene, für die Magentätigkeit vor Nahrungsaufnahme so charakteristische Gruppenbildung der Amplituden der Schnürwellen verschwindet völlig und sofort; an ihre Stelle tritt mit hoher Konstanz eine Phase der Magenbewegung, die gekennzeichnet ist durch eine regelmäßige Aufeinanderfolge von Amplituden fast exakt gleicher Höhe. Es folgt dabei ohne zeitliche Verzögerung ein Ausschlag auf den anderen. Dabei ist eine Reduzierung der mittleren Amplitudenhöhe bei P auf 6,3 cm ($k = 55 p$) und bei A auf 4,0 cm ($k = 32 p$) zu verzeichnen. Die Kraftentwicklung nimmt also gegenüber dem Wert vor Na. bei P um 56 % und bei A um 71,4 % ab. Es errechnet sich nach Na. für P ein Wert der um 42 % höher liegt als bei A (vor Na. 10,4 %). Die beschriebene Reduzierung der Amplituden bei gleichzeitiger Erhöhung der Frequenz auf 5/min bleibt das Kennzeichen der Magentätigkeit des nicht-vagotomierten Hundes nach Na. für ca. eine halbe Stunde.

Die Kurve für C ändert sich nur insofern, als die oben beschriebene Wellenform jetzt ohne zeitliche Unterbrechung abläuft; eine Änderung in Frequenz und Amplitude ist nicht erkennbar. Etwa eine halbe Stunde nach Na. beginnt sich das Kurvenbild allmählich, zunächst jedoch nur sehr geringfügig zu ändern, wobei die Frequenz noch ca. zwei Stunden unverändert hoch bleibt. Die Amplituden nehmen aber jetzt in unregelmäßigen Abständen immer wieder einmal Werte an, die um ca. 20 % unter, bzw. über dem Kurvenniveau liegen, das kurz

nach Na. gezeichnet wurde. Insgesamt ändert sich aber der Mittelwert der Amplituden nicht.

Zwei Stunden nach Na. muß allerdings eine deutliche Änderung der Schnürwellenkontraktionen am Magen registriert werden (s. Abb.17,20 links); neben einem leichten Frequenzrückgang auf 4/min (Frequenz liegt jetzt zwischen dem Wert "vor" und "sofort nach Na."), stellt sich noch kein signifikanter Unterschied bei den k-Werten ein. Ebenso sind zu diesem Zeitpunkt noch keine Pausen in der Amplitudenaufeinanderfolge, die die Zeit von wenigen Sekunden überschreiten würden, ersichtlich. Allerdings wechseln jetzt Amplituden von 10 cm ($k = 86$ p) über solche mit 5 cm ($k = 43$ p), bis hin zu Minimalwerten von 1,5 cm ($k = 13$ p) ab. Es ist festzustellen, daß die hierbei auftretenden Maximal- und Minimalwerte weder in der Skala der Amplituden vor Na. noch kurz nach Na. als Extremwerte anzusprechen sind. Man kann sagen, daß der Zustand "zwei Stunden nach Na." in Frequenz und Amplitude eine Mittelstellung einnimmt, im Vergleich zu den Kurventypen, die für die beiden anderen Meßbedingungen kennzeichnend sind.

Verbindet man die Spitzen sämtlicher Amplituden, die im Verlauf von zehn Minuten auftreten, miteinander, so erhält man bei der Versuchsbedingung "sofort nach Na." fast eine Parallele zur Zeitachse; bei der Versuchsbedingung "zwei Stunden nach Na." hingegen entsteht eine volle Sinusschwingung.

Kurvendiskussion für die vagotomierten Hunde

Die Meßkurven aller vagotomierten Hunde zeigen für alle Meßpunkte und alle Meßbedingungen, außer für C, in Frequenz und Amplitude eindeutige Unterschiede zu den Kurven der nicht-vagotomierten Hunde. Im gleichen Maße für alle Punkte gilt, daß die für die Mägen ohne SPV beschriebene Regelmäßigkeit und Ähnlichkeit mit Sinusschwingungen nicht mehr beobachtet werden kann.

Der nüchterne vagotomierte Magen zeigt dabei im Mittel bei A

(Abb. 18, rechts) eine Frequenz von 0,3/min und 0,5/min bei P (Abb. 15). Ebenso wie bei den nicht-vagotomierten Hunden sind die Amplituden zu 5-er Gruppen zusammengedrängt. Die einzelnen Ausschläge folgen auch hier in einer Gruppe streng aufeinander; die Gruppen untereinander liegen jedoch in einem Abstand von mindestens acht Minuten, häufig auch bis zu fünfzehn Minuten, auseinander (ohne SPV nur ca. 1 Minute Abstand).

Die Höhe der Amplituden verdient besondere Beachtung: Bei A sind Spitzenwerte bis zu 13 cm ($k = 104$ p) und Minimalwerte von $k = 19$ p gemessen worden; ein Mittelwert errechnete sich zu $k = 56$ p.

Der Pylorus hingegen zeigte bei einem Maximalwert von $k = 50$ p und einem Minimalwert von $k = 15$ p einen Mittelwert von $k = 32$ p. Zwischen A und P errechnet sich folglich für die Meßbedingung "vor Na." ein Unterschied von 64,3 % (d. h.: A P; im Gegensatz zu Zustand vor SPV).

Der Vergleich von nicht vagotomierten mit vagotomierten Mägen vor Na. führt somit für A zu folgendem Bild:

Die Kraftentwicklung der ringförmigen Schnürwellen am Antrum verringert sich $k = 111$ p auf $k = 56$ p; die Frequenz geht von 3,5/min auf 0,3/min zurück.

Am Pylorus hingegen geht die Kraft nach SPV in einem weit stärkeren Maß von $k = 124$ p auf $k = 32$ p (d. h. um 74,2 %) zurück. Die Frequenz bei P nimmt im Vergleich zu A von 3,5/min nur auf 0,5/min ab.

Nach Na. (s. Abb. 16, 19 rechts) zeigen die vagotomierten Mägen in auffälligem Gegensatz zum Zustand vor SPV mit großer Konstanz das Phänomen, daß die Ringperistaltik nicht sofort einsetzt. Im Durchschnitt mußte erst eine Zeit von zehn Minuten vergehen, bis eine einigermaßen regelmäßige Magen-tätigkeit in Gang kam. Wenn dann die Frequenz auf 3 - 3,5/min ansteigt, so liegt dies nur gering unter den Werten, die vor Vagotomie zu verzeichnen waren. Die Kraftentwicklung hingegen nimmt in einem beträchtlichen Ausmaß ab. Es konnten bei A noch Maximalwerte von $k = 48$ p erreicht werden, der Mittel-

wert sank jedoch auf $k = 13$ p ab. Bei P waren sogar nur noch Maximalwerte $k = 24$ p bei einem Mittelwert von $k = 10$ p erreicht worden. Das Kurvenbild der fast gleichen Höhe aller Amplituden, das für die Meßbedingung "sofort nach Na. ohne SPV" typisch war, stellt sich nicht mehr ein.

Ein weiterer Unterschied zu den Kurven der nicht-vagotomierten Hunde liegt darin, daß schon zu diesem frühen Zeitpunkt längere Ruhepausen zwischen einzelnen Kontraktionen auftreten.

Der zahlenmäßige Vergleich zwischen den Mägen ohne und mit SPV führt zu folgenden Ergebnissen: Für A ist ein Rückgang der k -Werte um 40,6 % und für P um 82 % zu verzeichnen. Der Unterschied zwischen A und P liegt nach Vagotomie bei 23 %, d.h., die Kraft bei A ist um 23 % höher als bei P.

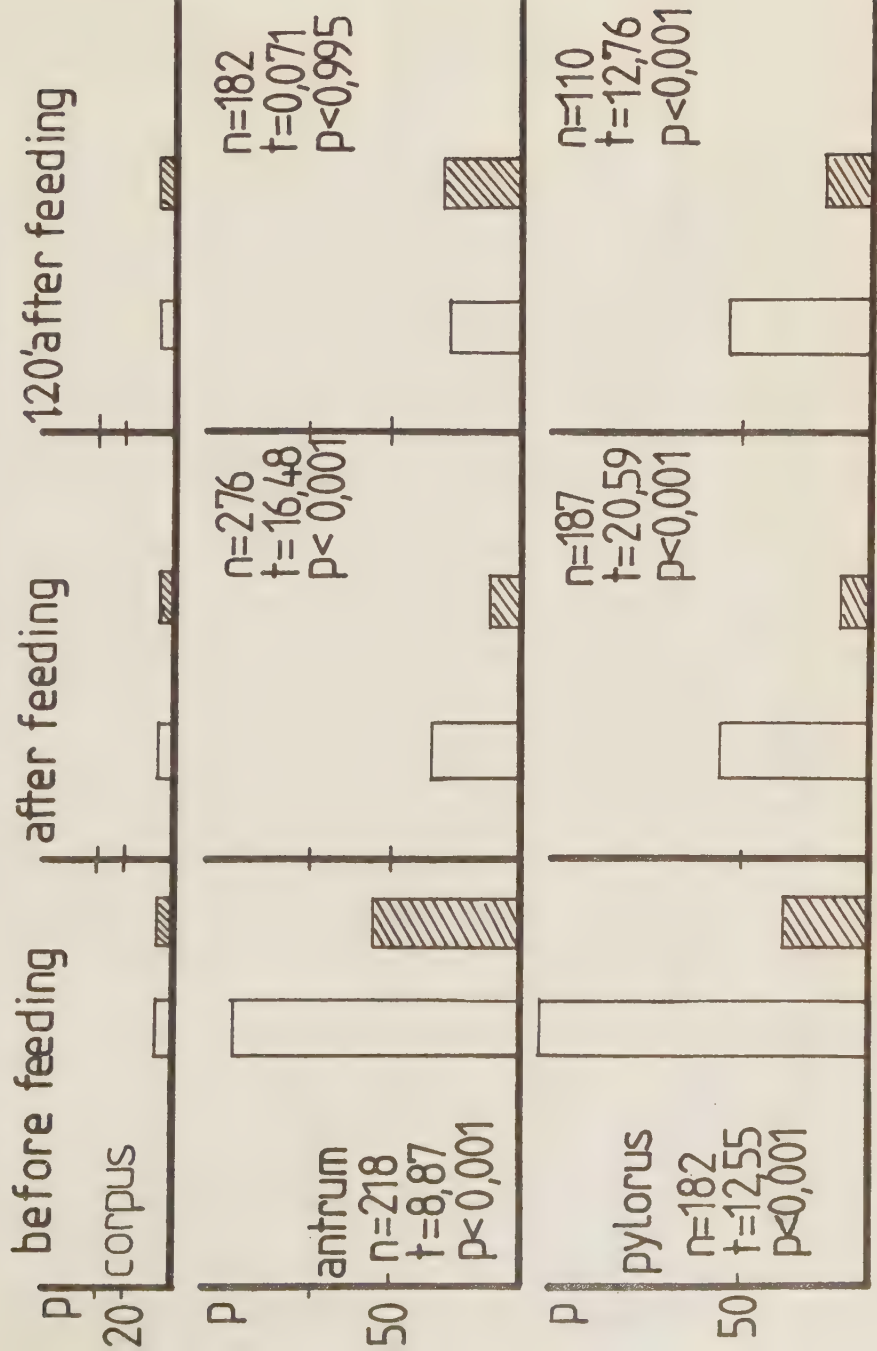
Zwei Stunden nach Na. (s. Abb.17, 20) nimmt die Kraftentwicklung bei A bereits deutlich zu; es errechnet sich ein Mittelwert von $k = 27$ p. Das entspricht etwa 50 % des Wertes vor Na. am vagotomierten Magen. Die Frequenz bleibt bei 3/min. Einen deutlichen Unterschied hierzu bietet P. Es kommt lediglich zu einem geringfügigen Anstieg der Kraft auf $k = 16$ p; die Frequenz sinkt zu diesem Zeitpunkt bereits auf 1,5/min ab. Die bei den Mägen ohne SPV zu diesem Zeitpunkt zu registrierende "Sinusfunktion" kommt nicht zustande. Eine Gruppenbildung mit unregelmäßiger Anzahl von Amplituden und unregelmäßigen Abständen wird in dieser Phase schon wieder zu einem festen Bestandteil des Kurvenbildes. Es zeigt sich im Vergleich zu den entsprechenden Werten vor Vagotomie folgendes Bild: A zeigt keinen signifikanten Unterschied, P geht von $k = 54$ p auf $k = 12$ p um 77,8 % zurück.

Am Corpus bleibt, was die mit unserem Verfahren gemessene Ringperistaltik angeht, die Vagotomie ohne Effekt. Es konnte bei keiner der durchgeführten Meßbedingungen ein Unterschied gegenüber der Kontrollgruppe festgestellt werden.

Zwei Beobachtungen wurden gemacht, die in gleichem Maße für die Gruppe mit als auch ohne SPV Gültigkeit haben:

- a) die Menge der aufgenommenen Nahrung findet keinen Niederschlag im Kurvenbild; d. h. ein Unterschied in der Änderung der Peristaltik konnte durch Fütterung von viel oder wenig Nahrung nicht provoziert werden.
- b) bei erneuter Füllung des nicht nüchternen Magens stellt sich das Kurvenbild, wie es für die Versuchsbedingungen "sofort nach Na." typisch ist, augenblicklich wieder ein und ist beliebig oft reproduzierbar.

GASTRIC MOTILITY BEFORE AND AFTER SPV



FREQUENCY OF CONTRACTIONS BEFORE AND AFTER SPV

120' after feeding

after feeding

before feeding

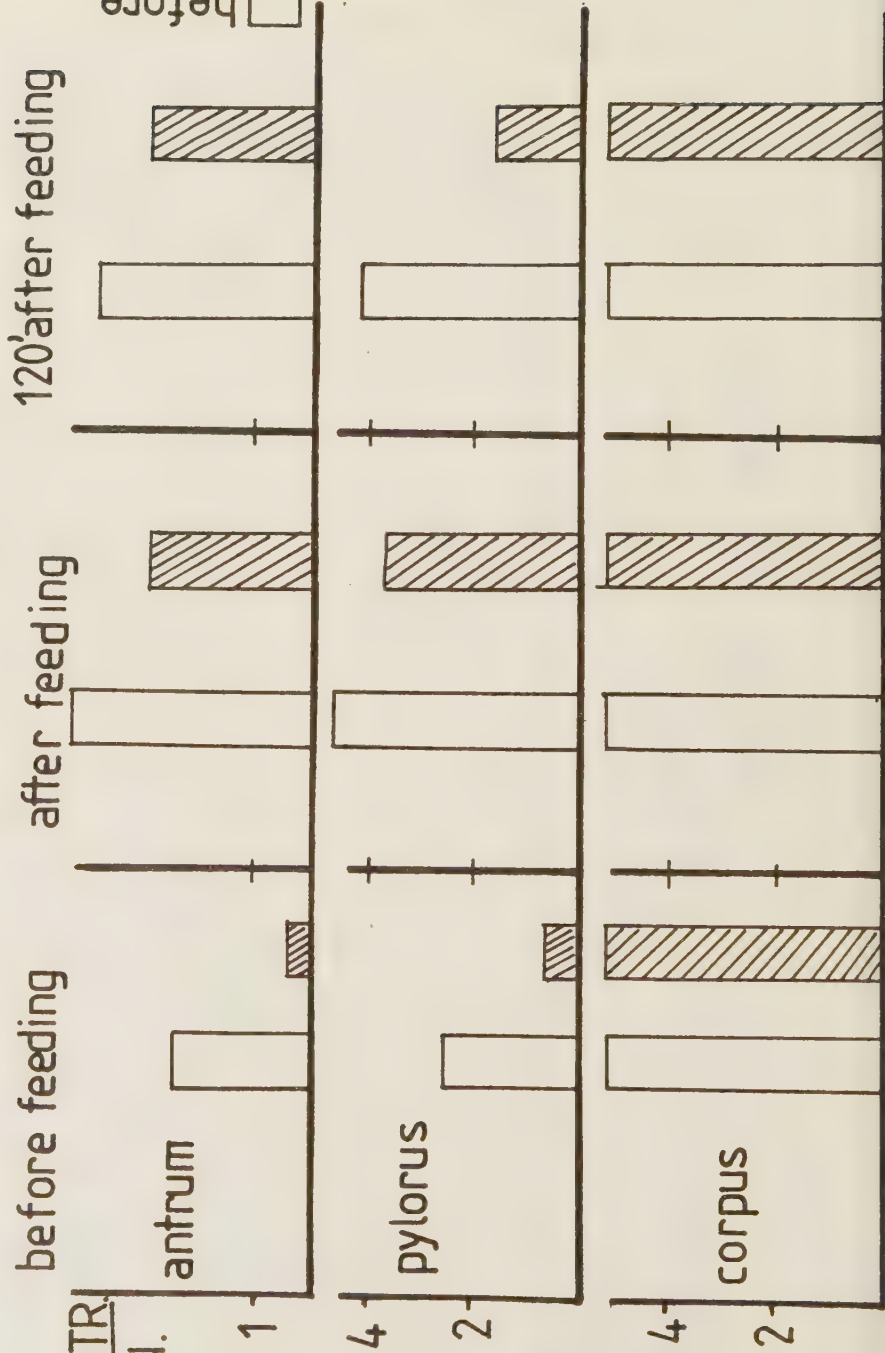
KONTR.
MIN.

antrum

pylorus

corpus

before
after



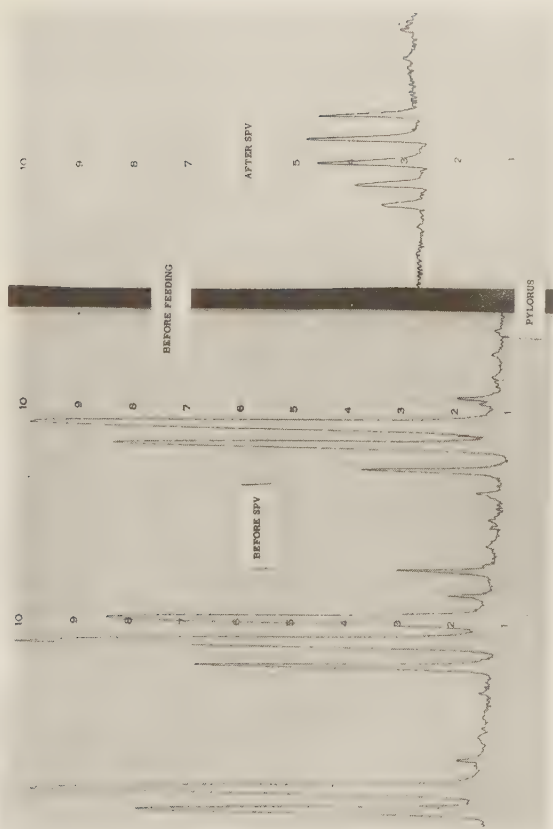


Abb. 15 Typisches Kurvenbild für Pylorus bei nüchternem Magen.
linke Bildseite ohne SPV; rechte Seite nach SPV.
Der starke Frequenzrückgang der Kontraktionen nach SPV
ist aus technischen Gründen auf der rechten Bildseite
nicht darstellbar

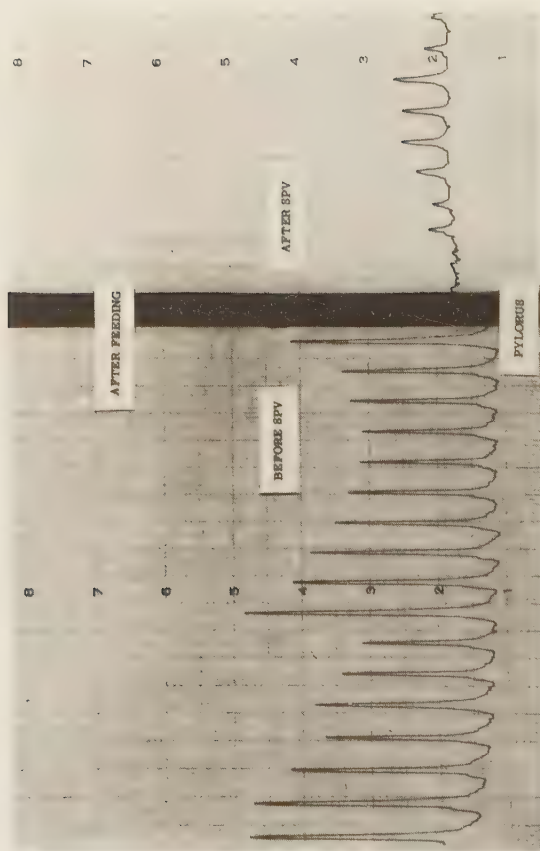


Abb. 16 Typisches Kurvenbild für Pylorus bei der Meßbedingung "sofort nach Nahrungsaufnahme". Die Unterschiede in den Amplituden (vor und nach SPV) sind deutlich erkennbar.

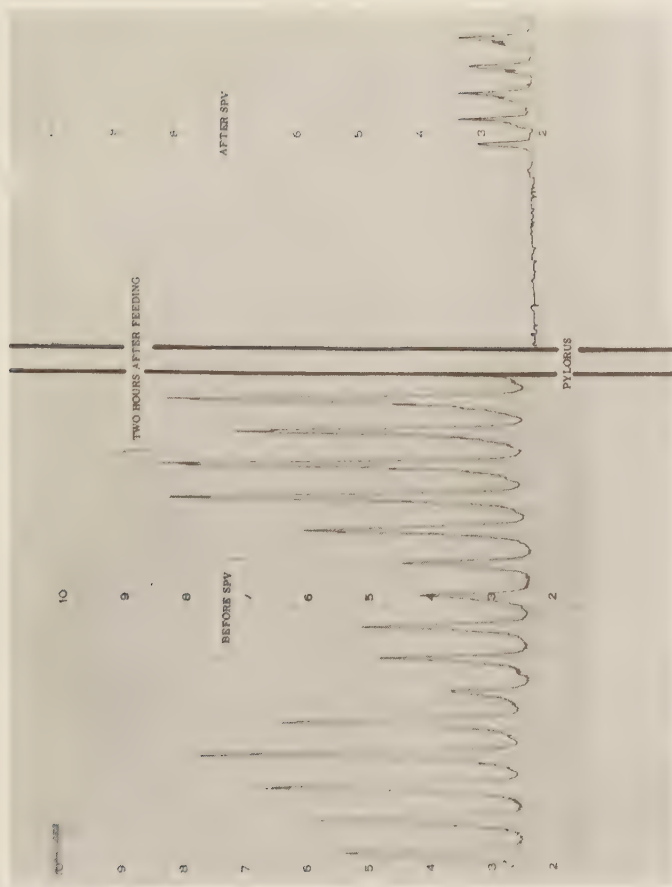


Abb. 17 Typisches Kurvenbild für Pylorus bei der Meßbedingung "2 Std. nach Nahrungsaufnahme". Die Frequenzunterschiede sind auch hier nur angedeutet. Die im Text auf Seite 25 oben beschriebene, über die Spitzen der Amplituden gedachte Sinusschwingung, ist erkennbar

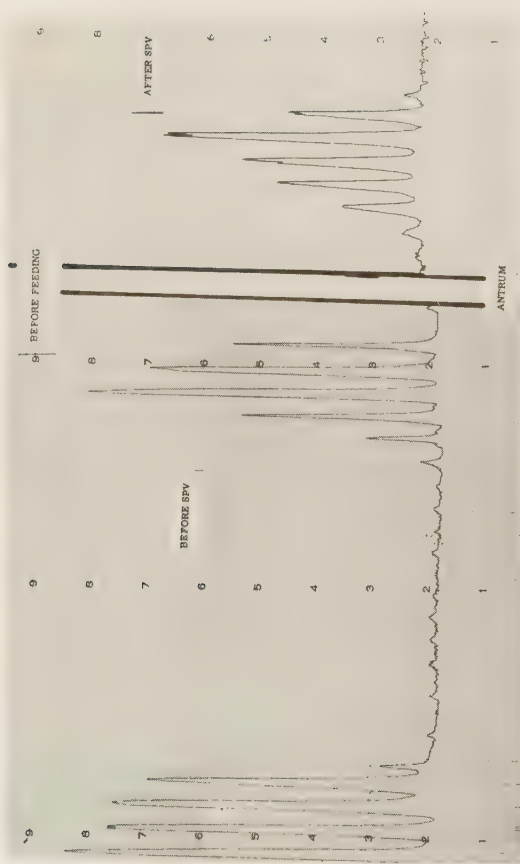


Abb. 18 Typisches Kurvenbild für Antrum bei nüchternem Magen; deutlich erkennbar sind die Unterschiede der Amplituden auf beiden Bildseiten im Vergleich zu denen des Pylorus auf Abb. 15

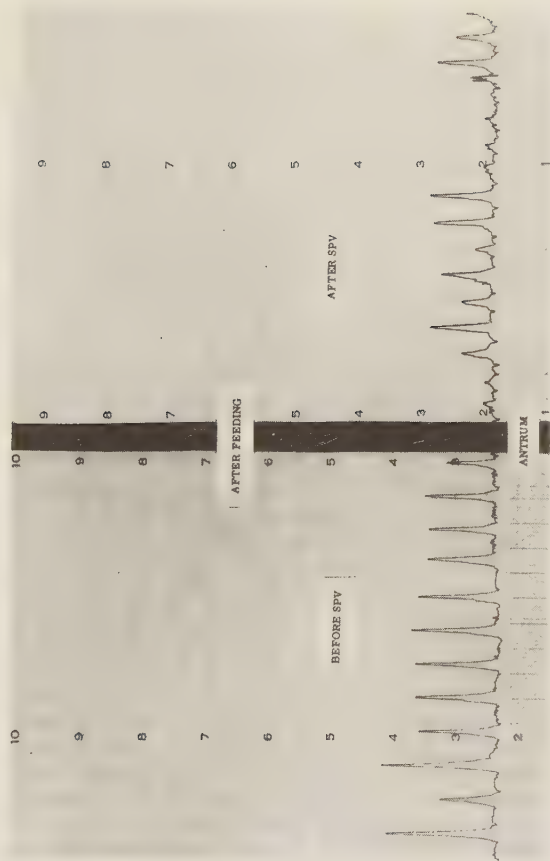


Abb. 19

Typisches Kurvenbild für Antrum bei der Meßbedingung "sofort nach Na"
 Gut erkennbar ist hier der gleichmäßige Kurvenverlauf auf der linken
 Bildhälfte (ohne SPV), im Gegensatz zu der unruhigen, durch verschie-
 den hohe Amplituden gekennzeichneten Kontraktionsfolge auf der rech-
 ten Seite (mit SPV). Deutlicher Unterschied im Vergleich zu Abb. 16

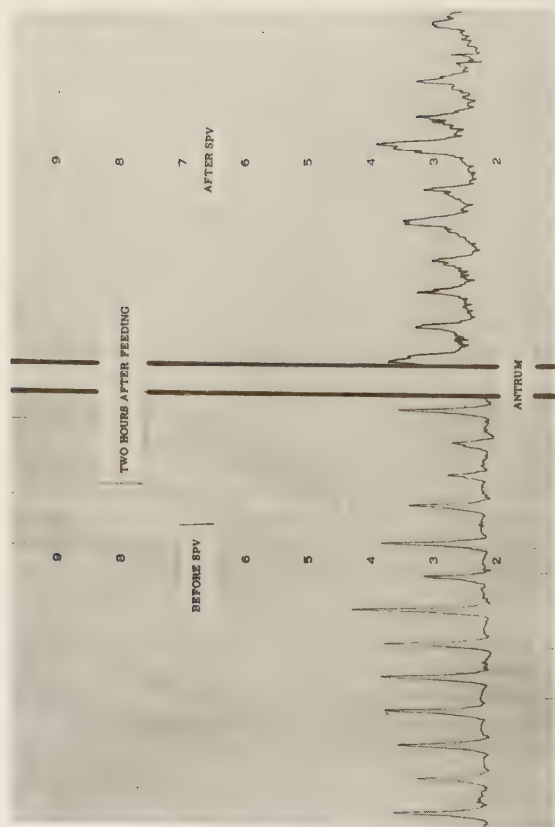


Abb. 20 Typisches Kurvenbild für Antrum bei der Meßbedingung "2 Std. nach Na". Deutlich auch hier der Amplitudenunterschied zu Abb. 17

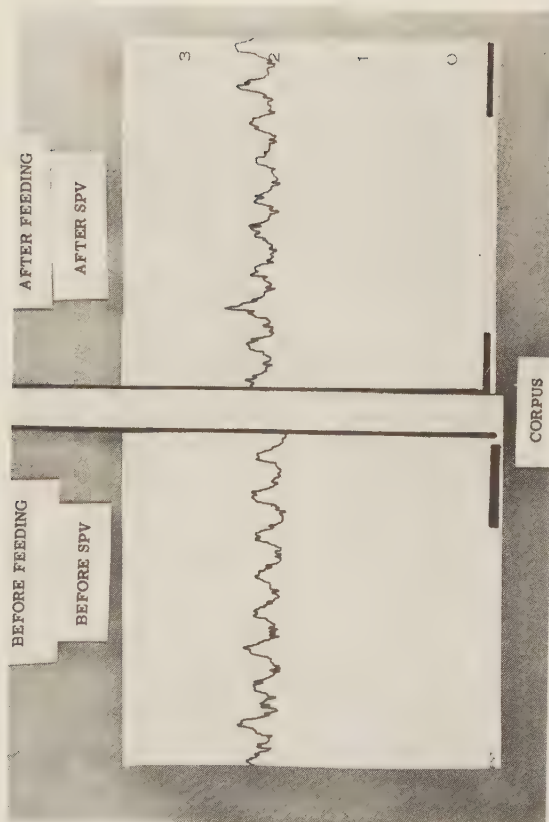


Abb. 21
Typisches Kurvenbild für Corpus bei allen Meßbedingungen (sinusförmiger Verlauf); geringfügige Frequenzänderungen und Erhöhung des Wandtonus sind auf dem Bild nicht dargestellt

DISKUSSION

Das Hauptziel der chirurgischen Behandlung des Gastro-Duodenal-Ulcus liegt in einer Verminderung der Magensäureproduktion bei gleichzeitiger minimaler Beeinträchtigung der normalen Magenmotilitäts- und -entleerungsmechanismen. Die SPV ist ein geeignetes Verfahren, die Säureproduktion herabzusetzen. Eine Folge der SPV, soll sie sekretorisch komplett sein, besteht in einem partiellen Verlust der Antrummotilität (27). Aufgrund der gestörten Durchmischung kommt es, wie sich auch röntgenkinematographisch belegen läßt (32), zur Retention von Festspeisen im Magen. Deshalb wird von HOLLE eine zusätzliche form- und funktionsgerechte Pyloroplastik für unbedingt notwendig erachtet. Bei unseren Versuchstieren, bei denen die Pyloroplastik bewußt nicht durchgeführt wurde, war zu beobachten - was ebenfalls auf die oben erwähnte Störung hinweisen könnte - daß sie vor der Vagotomie durchschnittlich 800 Gramm feste Fleischnahrung zu sich nahmen. Nach SPV stellte sich bei 70 % der Tiere die Sättigung schon nach Aufnahme von 400 Gramm fester Nahrung ein.

Ein Hauptanliegen der Versuche war, das Ausmaß der bereits mit anderen Verfahren bestimmten Motilitätsänderungen (Röntgenkinematographie, Mageninnendruckmessungen) quantitativ und vor allem unter physiologischen Bedingungen (keine Narkose, kein Untersuchungsstreß) zu erfassen.

Die verwendeten DMS bieten dabei viele Vorteile gegenüber anderen Verfahren in der Messung der Magenperistaltik:

- 1) Die Kontraktionsaktivität der glatten Muskulatur wird direkt aufgezeichnet.
- 2) Die Meßstreifen werden auf die Serosa des Magens aufgenäht. Auf diese Weise wird sowohl eine Beeinträchtigung der Beförderung des Mageninhalts, als auch eine Reizung der Schleimhautrezeptoren, vermieden. Da die Streifen für die gesamte Dauer des chronischen Versuchs auf der Serosa fixiert bleiben, kann auch tatsächlich immer ein und dieselbe Stelle, so oft wie gewünscht, ohne wiederholte, das

Muskelsystem irritierende Manipulationen vermessen werden.

- 3) Die Meßeinheiten können in größerer Zahl verwendet werden, um gleichzeitig die Aktivität mehrerer repräsentativer Punkte aufzuzeichnen.
- 4) Sie registrieren, je nach Fixation, getrennt entweder die Aktivität des Stratum longitudinale oder des Stratum circulare.

Vorteilhaft wirkt sich auch der durch die DMS-Methode ermöglichte Verzicht auf Narkosemittel während der Messungen aus. Somit können bei der Beurteilung der Ergebnisse etwaige Störungen auf Grund der Beeinträchtigung nervöser Strukturen durch die Narkose von vorneherein ausgeschaltet werden. Gleichzeitig bestehen auch bei diesem Verfahren einige Nachteile, die der Erwähnung bedürfen:

- 1) Es muß zwischen dem Versuchstier und dem Aufzeichnungsgerät während der Messung eine elektrische Verbindung geschaffen werden. Das bedeutet, daß das Tier aus seiner gewohnten Umgebung entfernt und einer gewissen Streßsituation unterworfen wird. Eine Beeinträchtigung der Aktivitätsmuster des Magens kann die Folge sein. Durch systematische Gewöhnung an den Untersuchungsraum ist versucht worden, diesen Störfaktor möglichst auszuschalten.
- 2) Ein gewichtigerer Nachteil der Methode liegt darin, daß nur die Kontraktionen selbst, und nicht die physiologische Funktion der Kontraktionen aufgezeichnet werden. Die Richtung des Fortschreitens der Schnürwellen hat keinen Einfluß auf die Registrierung durch die Sonden; es kann also nicht zwischen Peristaltik und möglicher Antiperistaltik unterschieden, und somit eine Aussage gemacht werden, ob eine Kontraktionswelle der Durchmischung oder der Austreibung des Mageninhalts dient.
- 3) Das Verfahren ist, zumindest in der beschriebenen Form, ungeeignet, auf Untersuchungen am Menschen übertragen zu werden.

Dem Fundus-Corpus-Abschnitt, dem Antrum und Pylorus kommen bei der Magenentleerung unterschiedliche Bedeutung zu. Von den proximalen Magenabschnitten wird vorwiegend die Entleerung der Flüssigkeit durch Änderung der Wandspannung gesteuert, das Magenantrum reguliert die Entleerung des festen Bolus (47). Die Funktion des Corpus mit unserer Methode nachzuweisen, gelang insofern, als es nach Nahrungsaufnahme sowohl mit als auch ohne SPV zu Verschiebungen der Kurve in vertikaler Richtung kam, was einer Änderung des durchschnittlichen Tonus der Corpuswand entspricht.

Es gibt Untersuchungen, die vor SPV am Corpus eine höhere Kraftentwicklung postulieren, als nach SPV (12). Es gelang in keinem der untersuchten Fälle mit der angewendeten Methode dies zu bestätigen; bei sämtlichen Versuchsbedingungen konnte immer nur ein und dasselbe Kurvenbild erhalten werden (sinusförmiger Verlauf, Kraftentwicklung ca. 5 pond, Frequenz ca. 5/min). Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen der akuten Versuche mit Halsvagusstimulierung von HUBER, A. und SCHUPPE, H. (Dissertationen in Vorbereitung). Es ist also festzuhalten, daß die SPV am Corpus zu keinen Veränderungen der Kraftentwicklung führt.

Bei nüchternen Hunden traten zwei verschiedene Kontraktionsaktivitäten auf, die charakterisiert sind durch Phasen geringer Peristaltik (Dauer ca. eine Minute), die dann unterbrochen werden durch eine Gruppe hoher Amplituden. Andere Untersucher (6) geben an, daß im nüchternen Zustand neben der basalen Aktivität (basal) und der Kontraktionsaktivität (burst) ein in regelmäßigen Abständen auftretendes Motilitätsmuster zu verzeichnen ist, das sie als "preburst" bezeichnen; es ist gekennzeichnet durch unregelmäßige Kontraktionsfolge und ausgeprägte unterschiedliche Amplitudenhöhe. Wir konnten dasselbe Teilkurvenbild (preburst) ebenfalls aufzeichnen, allerdings nur unter Kältestreß (5°C); sobald für angenehme Raumtemperatur gesorgt wurde (20°C), war dieses Bild nicht mehr zu registrieren.

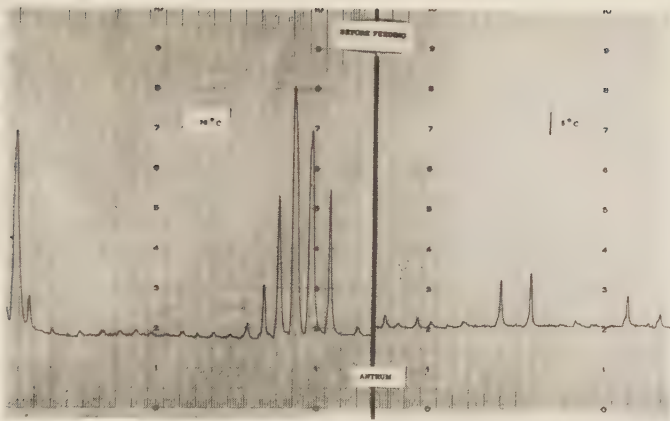


Abb.24 Einfluß der Temperatur auf die Magenmotilität
linke Bildhälfte: Peristaltik bei 20°C
rechte Bildhälfte: Peristaltik bei 5°C

Sowohl bei den nicht-vagotomierten, als auch bei den vagotomierten Hunden zeigte sich, daß im nüchternen Zustand die höchsten Amplituden registriert werden konnten; es waren jedoch, wie oben beschrieben, die niedrigsten Amplituden bei den Hunden ohne SPV immer noch größer, wie die Maximalwerte bei den Hunden mit SPV. Auch von anderen Untersuchern wurde dieses Phänomen beschrieben. Die Interpretation hierfür ist verschieden. Wir gewannen den Eindruck, daß die maximalsten Kraftentwicklungen dann zur Entfaltung kamen, wenn der Messung eine Nahrungskarenz von zwei Tagen vorausging. Es ist bekannt, daß die Hypoglykämie direkt auf den Vagus kern durch die Aktivierung der Kernzellen wirkt (35). Das führt zu einer Erregung der sekretorischen Zellen und motorischen Fasern des Muskels; außerordentlich starke Kontraktionen im Antrum- und Pylorusbereich sind die Folge. Mit diesen Vorstellungen sind die großen Amplituden im nüchternen Zustand bei den nicht-vagotomierten Hunden und auch die entsprechend kleineren, aber immer noch erheblich stärkeren Amplituden als nach Nahrungsaufnahme bei den vagotomierten Hunden zu erklären. Trotzdem befriedigen diese Deutungen nicht ganz. Von der Hypoglykämie ist nämlich

bekannt, daß sie auch die vagalen relaxierenden Fasern erregt; aus diesem Grunde müßte also ebenso eine Entspannung der Ringmuskulatur zu verzeichnen sein. Dieser Befund war allerdings in unseren Meßreihen nie zu erheben.

Es konnte gezeigt werden, daß die verschiedenen Magenanteile verschiedene Motilitätsmuster aufweisen. Ebenfalls gelang es mit der Methode zu bestätigen, daß Änderungen des Magentonus vorwiegend in proximalen Magenanteilen auftreten und die Kontraktionswellen im distalen Magenbereich vorherrschend werden und sich zum Pylorus hin verstärken. Damit stimmt überein, daß am Pylorus bei allen Meßbedingungen die Kraftentwicklung größer war als am Antrum. Nach SPV war festzustellen, daß die Motilität zwar im Vergleich zu dem Zustand vor SPV bei A bedeutend abnahm, aber in einem geringeren Ausmaß als bei P; d. h., daß nach SPV bei allen Meßbedingungen die Antrummotilität höher war als die des Pylorus.

Während die Ergebnisse mit den Resultaten anderer Untersuchungsmethoden (monopolare Silberelektroden, intramurale Druckmethode) am nüchternen Magen weitgehend übereinstimmen, so sind doch erhebliche Abweichungen zu verzeichnen bei den gefüllten Mägen und den Kraftentwicklungen nach SPV. Es werden in den verschiedenen Arbeiten (27, 46) immer wieder Ergebnisse angegeben, die besagen, daß die SPV die Motilität insofern beeinträchtigt, als es nur zu gelegentlichen Rhythmusstörungen der antralen Peristaltik kommt. In unseren Experimenten zeigte sich, daß nur der basic electrical rhythm (BER) vor und nach SPV keine Änderung erfuhr, abgesehen von seiner Dauer. Die Ringmuskeltätigkeit am Antrum und Pylorus ist hingegen nach SPV erheblich vermindert.

Die Magentätigkeit von sieben Hunden wurde täglich vom fünften bis zweiundzwanzigsten Tag p. op. gemessen; die der anderen Hunde entsprechend kürzer (s. oben). Die Kurven der Hunde ohne SPV lassen eine auffallende Regelmäßigkeit in Frequenz und Amplitude erkennen; dafür können aber nicht allein die günstigen Meßbedingungen zur Erklärung dienen, die ja auch bei den vagotomierten Hunden zur Anwendung kamen.

Vielmehr muß der Grund in der vollständigen Schonung aller Vagusäste gesucht werden; es konnte bei diesen Hunden (ohne SPV) eine Änderung im Kurvenbild mit zunehmendem zeitlichen Abstand vom OP-Tag und trotz sichtlicher Rekonvaleszenz nicht registriert werden. Bei den SPV-Hunden war allerdings eine gewisse Abhängigkeit zwischen Kurvenbild und Zahl der postoperativen Tage zu erkennen; so zeigte sich bis zum siebten Tag p. op. eine auffallende Unregelmäßigkeit im Kurvenbild, vor allem in Bezug auf die Frequenz der Amplituden. Ab dem zehnten p. op. Tag war dann eine relative Beruhigung zu erkennen, die allerdings nie die Konstanz und Ausprägung auswies, wie sie für die Kurven ohne SPV typisch war. Es gelang nicht, eine statistisch signifikante Beziehung herzustellen zwischen dem zunehmenden zeitlichen Abstand zur Operation und einer möglichen Erholung der postoperativen Magentätigkeit im Sinne der Verstärkung der Kontraktionskraft. Lediglich die Gruppenbildung der einzelnen Kontraktionsamplituden stellt sich vom zehnten p.op. Tag an wieder ein, allerdings mit beträchtlich vergrößertem Abstand zueinander. Die Infektionsgefahr konnte nur wirkungsvoll für drei Wochen gebannt werden; mögliche Veränderungen der Magenperistaltik zu einem späteren p.op.-Zeitpunkt wurden somit nicht registriert. Die in den Tabellen (S.31,32) zusammengefassten Ergebnisse stammen aus diesem Grund aus den Kurven, die zu dem spätestmöglichen Termin (22. Tag p.op., keine Infektion) aufgezeichnet wurden.

Außer der relativ kurzen postoperativen Überlebenszeit liegt ein weiterer Nachteil der durchgeführten Versuche darin, daß nur ein 1-Kanalschreiber zur Verfügung stand; Simultanaufzeichnungen der verschiedenen Magenabschnitte waren somit nicht möglich. Das Anbringen der Meßelektroden auf Cardia, Fundus und Duodenum, sowie die generelle Fixierung der Sonden auch in Längsrichtung zur Registrierung der Kontraktionen des Stratum longitudinale, hätte das aufgezeichnete Bild der Magentätigkeit gewinnbringend erweitert.

Eine Fortführung der Versuche - in Verbindung mit Pyloroplastik und gleichzeitiger Applikation von peristaltikbeeinflussenden Pharmaka - wird deshalb geeignet sein, das Wissen um die Motilität im GI-Trakt zu erweitern.

ZUSAMMENFASSUNG

Zur quantitativen Bestimmung der Magenmotilität, vor und nach selektiv proximaler Vagotomie (SPV), kam mit Hilfe von Dehnungsmeßstreifen ein Meßverfahren zur Anwendung, das es gestattete, die Versuche unter weitgehend physiologischen Bedingungen (d.h. bei geschlossenem Abdomen, bei unberührtem Mageninneren und unter Erhaltung der Magenwand mit Nerven- und Gefäßversorgung) durchzuführen. Zehn Hunde, deren Magenmotilität (repräsentiert durch die Kontraktionen des Stratum circulare der Tunica muscularis am Pylorus, Antrum und Corpus) man über einen Zeitraum von je vier Wochen im nüchternen und gesättigten Zustand täglich registrierte, wurden zu den Meßreihen herangeführt. Die quantitative Auswertung der Messungen erfolgte nach Frequenz und Amplitude der Schnürwellen.

Es konnten dabei die folgenden Resultate erzielt werden:

- 1) Der Vergleich von nüchternen nicht-vagotomierten Mägen mit nüchternen vagotomierten Mägen führt am Antrum zu dem Bild, daß sich die mittlere Kraftentwicklung der ringförmigen Schnürwellen von $k = 111$ pond (vor SPV) auf $k = 56$ p (nach SPV), d.h. um 49 %, verringert; die Frequenz geht von 3,5/min auf 0,3/min zurück.
Am Pylorus hingegen nimmt die Kraft nach SPV in einem weit stärkeren Maß von $k = 124$ p auf $k = 32$ p (d. h. um 74 %) ab. Die Frequenz geht von 3,5/min auf 0,5/min zurück.
- 2) Nach Nahrungsaufnahme bieten sich die nachstehenden Ergebnisse: Im Vergleich zum Zustand vor SPV nimmt die mittlere Kraftentwicklung am Antrum nach SPV um 40,6 % ab. Am Pylorus ist ein Rückgang der Kraftentfaltung nach SPV um 82 % zu verzeichnen.
- 3) Es konnte festgestellt werden, daß vor SPV am Pylorus signifikant größere Kräfte auftraten als am Antrum. Nach SPV zeigte der Meßpunkt Antrum signifikant erhöhte Werte gegenüber dem Pylorus.

- 4) Am Corpus konnte vor und nach SPV ein sinusförmiger Verlauf der Schnürwellen mit einer Amplitude von $k = 4 p$ aufgezeichnet werden. Die SPV bleibt, was die gemessene Ringperistaltik angeht, am Corpus ohne Effekt.

Diese Ergebnisse unterstützen die von HOLLE propagierte Forderung, daß die SPV unbedingt mit einer Pyloroplastik kombiniert werden muß.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) ADLERCREUTZ, E., PETTERSSON, T., GRIBBE, P., WEGELIUS, C., :
Effect of cholezystokinin on duodenal tonus and motility.
Acta Med Scand 167:339 1960
- 2) AEBERHARD, P., :Der heutige Stand der SPV.
Schweiz. med. Wschr. 103(1973) 1113
- 3) ALLEN, G. L., POOLE, E. W., CODE, C. F., :Relationships between
electrical activities of antrum and duodenum.
Am. J. Physiology 207:906 1964
- 4) ANDERSSON, J. J., BOLT, ULLMAN: Differential response to
various stimulants in the body and antrum of the
canine stomach. Am. Jour. of Dig. Dis. Vol.13 1968
- 5) ANDERSSON, S., :Gastrointestinal hormones. Their release
and influence on secretion and motility.
In: Vagotomy, Latest advances. Hrsg. Holle, F., Andersson, S.,
p. 53 Springer, Berlin-Heidelberg-New York
- 6) BASS, P., WEISBRODT, N. W., :Current concepts on pharma-
cology of gastrointestinal motility. In: Gastrointestinal
motility. International Symposium on motility of the
GI-Tract, Erlangen 1969. Hrsg. Demling, L., Ottenjann, R.,
p. 149 Thieme-Verlag Stuttgart 1971
- 7) BASS, P., CODE, C. F., LAMBERT, E. H., :Motor and electric
activity of the duodenum.
Am. J. Physiol. 201:187 1961
- 8) BECK, T., SZIVEK, J., FOX, I. E., :Computerized analysis
of motility and transmural potential. In: GI-Motility
International Symposium on motility of the GI-Tract,
Erlangen 1969. Hrsg. Demling, L., Ottenjann, R.,
p. 10 Thieme-Verlag Stuttgart 1971

- 9) BORTOFF, A.,: Slow potential variations of small intestine.
Am.J.Physiolg. 201:203 1961
- 10) BRUCE, G., WILBUR, M.D., KEITH, A., KELLY, M.E.,: Effect of proximal gastric, complete gastric, and truncal vagotomy on canine. gastric electric activity, motility, and emptying.
Ann.Surg. Sept.1973 p.295-303
- 11) BRÜCKNER, W.L.,: Gastric secretion and motility after highly selective sympathectomy. In: Vagotomy, Latest Advances.
Hrsg. Holle, F., Andersson, S., p. 89
Springer, Berlin-Heidelberg-New York
- 12) COOKE, A.R., Control of gastric emptying and motility.
In: Gastroenterology 68: 804-816 1975
- 13) CONNELL, A.M.,: Methodology of investigations of alimentary motility. In: Gastrointestinal motility. Hrsg. Demling, L., Ottenjann, R. Thieme-Verlag Stuttgart 1971
- 14) DAHM, K., SAPUNOV, S.,: Tonus und Motilität von Magen und Duodenum nach SPV und Pyloroplastik.
DMW 94 (1969) 1013
- 15) DELLER, D.J., WANGEL, A.G.,: Intestinal motility in man. A study combining the use of intraluminal pressure recording and cineradiography.
Gastroenterology 48:45 1965
- 16) DEMLING, L.,: Änderungen der Magenphysiologie nach Magenoperationen. Münch.med.Wschr. 116(1974)1857
- 17) FARRAR, J.T., INGELFINGER, F.J.,: Gastrointestinal motility as revealed by study of abdominal sounds.
Gastroenterology 29:789 1955

- 18) FARRAR, J.T., BERNSTEIN, J.S.,: Recording of intraluminal gastrointestinal pressures by radiotelemetry capsule.
Gastroenterology 35:603 1958

- 19) GOLENHOFEN, K.,: Intrinsic rhythms of the GI-Tract
In: Gastrointestinal motility. Hrsg. Demling, L.,
Ottenjann, R., p. 71 Thieme-Verlag Stuttgart 1971

- 20) GAUER, KRAMER, JUNG: Physiologie des Menschen - Band 8
Urban und Schwarzenbach Berlin-Wien 1972

- 21) HARLEY, C., CARLSON, M.D., CODE, F.,: Motor action of the
canine gastroduodenal junction. A cineradiographic
pressure and electric study.
Am. J. of Dig. Dis. Vol. 2 1966

- 22) HIGHTOWER, N.C., Comparison of intraluminal pressures
and motility in the GI-Tract of human beings when
recorded by balloon and direct (electrical transducer)
pressure systems
FED PROC 12:69 1952

- 23) HOLADAY, D.A., VOLK, H., MANDELL, L.,: Electrical activity
of the small intestine with special reference to the
origin of rhythmicity.
Am. J. Physiolog. 195:505 1958

- 24) HOLLE, F.,: Spezielle Magen Chirurgie
Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1968

- 25) HOLLE, F.,: Die Entwicklung einer physiologischen Methode
für die Ulcus Chirurgie DMW 97(1972)779

- 26) HOLLE, F., ANDERSSON, S.,: Vagotomy, Latest Advances.
Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1974

- 27) KELLY, M., KENNEDY, T., : Motility changes in the antrum after proximal gastric vagotomy.
Brit. J. Surg. 62(1975) 215
- 28) KLEMPA, J., HOLLE, F., BRÜCKNER, W. L., HÄNDLE, H., WOLFF, A. v. :
The effect of SPV and pyloroplasty on gastric secretion and motility in dog.
Arch. Surg. 103(1971) 713
- 29) KURAMOTO, M., KAWAHIGASHI, T., SAKAKIHARA, Y., TAKITA, S., :
Indispensability of vagal antral rami for preserving gastric motor function after vagotomy. In: Vagotomy, Latest Advances. Hrsg. von Holle, F., Andersson, S., p. 94 Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1974
- 30) LACK, E. G., BUSSMANN, J. F., LEIST, A., LINDER, M. M., :
Elektromyographische Untersuchungen des Magens nach SPV am wachen Hund.
Langenbecks Archiv für Chirurgie-Supplement 1977 p. 207
- 31) LIMANN, O., : Elektronik
Franzis-Verlag München 1970
- 32) LISSNER, J., : X-ray checks after SPV combined with various drainage operations.
In: Vagotomy, Latest Advances. Hrsg. von Holle, F., Andersson, S., p. 147 Springer, Berlin-Heidelberg-New York
- 33) LOEWENECK, H., LÜDINGHAUSEN, M. v., MEMPEL, W., :
Die vagale Mageninnervation. Münch. med. Wschr. 109(1967) 1754
- 34) MACKAY, R. S., JACOBSON, B., : Endoradiosonde
Nature 1792:1239 1957

- 35) MARTINSON, J., : Nervous control of gastroduodenal motility and emptying
Scand. J. of Gastroenterology. Vol. 10 Supplement 35
1975 p.31
- 36) MEBUS, H.G., : Dehnungsmessungen. Geeignete Geräte und ihre Anwendung.
C.F. Winter'sche Verlagshandlung. Füssen 1960
- 37) MÜNCH. MED. WSCHR.
Themenheft Vagotomie 118 (1976)
- 38) OKUKUBO, F., BRÜCKNER, W.L., BUSSE, BUNDSCHUH, V., :
Quantitative study of gastric emptying by means of ultrasonics. In: Surg. Gastroent., Vol. 11, Nr. 1, 1976
- 39) RINECKER, H., : Methodik und Ergebnisse quantitativer Untersuchungen der Darmmotilität im chronischen Tierexperiment.
Inaugural-Dissertation München 1967
- 40) RINECKER, H., MENDLER, M., : Zur quantitativen Darstellung der postoperativen Darmparese im Tierexperiment.
Z. ges. exp. Med., Bd. 146 S. 284
- 41) ROZE, C., : Gastric myoelectrical activity in man.
Scand. J. of Gastroenterology. Vol 10
Supplement 35 1975 p.54
- 42) SALDUCCI, J., PICAUD, R., NAUDY, B., DALMAS, H., MONGES, H.,
Electromyographic study of modifications of gastroduodenal motility after proximal selective vagotomy in man.
Digestion 10 (1974) 242

- 43) SARNA,K.,DANIEL,E.,:Vagal control of gastric electrical control activity and motility.
Gastroenterology 68:301-308 1975
- 44) SMITH,A.M.,CODE,C.F.,SCHLEGEL,J.F.,: Simultaneous cine-radiographic and kymographic studies of human gastric antral motility.
J.Appl.Physiol. 11:12 1957
- 45) TAKITA,S.,:Gastric motor function after SPV and pyloroplasty for peptic ulcer.III.World Congr.CICD,Chicago, September 1974
- 46) WALKER,G.,STEWART,J.,BUSS,P.,:The effect of parietal cell and truncal vagotomy on gastric and duodenal Contractile activity of the unanesthetized dog
Ann.Surg. June 1974 p.853
- 47) WILBUR,B.G.,KELLY,A.K.,:The effect of proximal gastric selective gastric and truncal vagotomy on canine gastric electrical activity motoric and emptying.
Ann.Surg. 178(1973)295

Herrn Prof. Dr. F. Holle danke ich für die großzügig gewährte Arbeitsmöglichkeit an seiner Klinik.

Für Aufgabenstellung und verständnisvolle Förderung bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. W.L. Brückner herzlich.

L E B E N S L A U F

Am 21.5.1953 wurde ich, Helmut Paul Baur, als Sohn des Kaufmanns Hans Baur und seiner Ehefrau Elfriede Baur, geb. Reutemann, in Kaufbeuren geboren.

Nach dem Besuch der Grundschule wechselte ich 1963 an das Staatl.Gymnasium Kaufbeuren, an dem ich 1972 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1972/1973 begann ich an der Ludwig Maximilians-Universität in München das Studium der Humanmedizin. An dieser Universität legte ich im WS 74/75 die ärztliche Vorprüfung, im WS 1975/76 den ersten Abschnitt der ärztl. Prüfung, im WS 1977/78 den zweiten Abschnitt der ärztl. Prüfung und im WS 1978/79 den dritten Abschnitt der ärztl. Prüfung mit Erfolg ab.

